

ANÁLISIS DE LA RESONANCIA ESTOCÁSTICA EN UN PLL

S. Sancho, A. Suárez, S. Ver Hoeye

Departamento de Comunicaciones
Universidad de Cantabria
Websalus@lg.ehu.es

Abstract

The influence of noise in the nonlinear dynamics of microwave synthesizers based on type-II third-order loops is analyzed in this paper. Instead of using standard simplified models, realistic models are considered for the loop filter, the phase detector and the voltage-controlled oscillator, based on experimental characterization. The new models enable the simulation of phenomenon of *stochastic resonance*. For an accurate determination of the output spectrum, it has been considered the noise contributions from the loop elements. All the above analysis strategy has been applied to a microwave synthesizer, operating in the 2-3 GHz band, with very good results.

1. INTRODUCCIÓN

El fenómeno de la resonancia estocástica [1] se produce en sistemas con histéresis. En estos sistemas en el estado estacionario coexisten dos soluciones estables, de forma que el sistema evolucionará a una o a otra dependiendo de las condiciones iniciales. Cuando estas dos soluciones están cercanas en el espacio de fases el ruido puede hacer al sistema saltar de forma intermitente de una a otra, haciendo que el espectro de salida sea muy ruidoso. En el caso del PLL tipo II orden III, en la región del espacio de parámetros cercana a la frontera de bifurcación las soluciones de enganche y desenganche están muy cercanas, y el ruido provoca que el sistema alterne entre ambos estados, dando lugar a un espectro de salida muy ruidoso, que no puede considerarse como un enganche.

2. ANÁLISIS NO LINEAL DEL SISTEMA

Para el análisis de la dinámica del sistema, se han tomado como en [2] modelos realistas de los

elementos del lazo, lo cual permite la predicción de comportamientos no lineales en la dinámica del sistema, tal como la histéresis, en la cual se basa el fenómeno de la resonancia.

2.1. Diferentes tipos de soluciones.

Como ya ha sido estudiado en otros trabajos [2], los distintos tipos de soluciones del PLL tipo II orden III pueden verse en el espacio de parámetros (K,N), siendo respectivamente la ganancia del detector de fase y el orden de divisor de frecuencia. En la Fig. 1 está representado el diagrama de bifurcación del

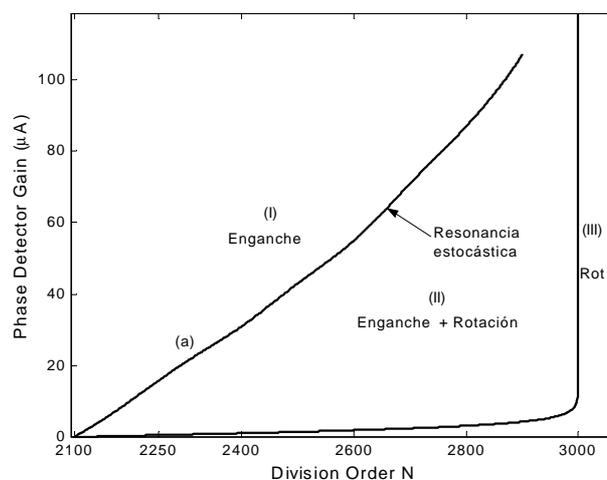


Fig.1 Diagrama de bifurcación. Diferentes soluciones en función de los parámetros (K,N)

En la zona I, la solución consiste en dos ciclos límite de pequeña amplitud en el espacio de fases (f, \dot{f}), siendo la variable ϕ el error de fase en el detector. Un ciclo es estable (de tipo nodo) y el otro inestable (de tipo silla). La solución de tipo nodo corresponde a un estado de enganche [2]. En la zona II, además de la anterior aparece una solución de tipo *rotación*, correspondiente a un estado de desenganche. Finalmente, en la zona III las soluciones de tipo nodo

y silla se aniquilan entre sí y tan sólo hay solución de desenganche.

2.2. Resonancia estocástica.

En la curva (a), la solución de tipo rotación choca con la de tipo silla, dando lugar a la *conexión silla*, en la cual desaparece la rotación, y sólo queda como solución estable el nodo (enganche). Un poco por debajo de la curva (a), ambas soluciones están muy próximas en el espacio de fases. Debido a esto, si se introduce ruido, la trayectoria del sistema se mantendrá un tiempo en cada solución, saltando de forma intermitente entre los estados de enganche y desenganche, lo cual puede verse en la Fig. 2.

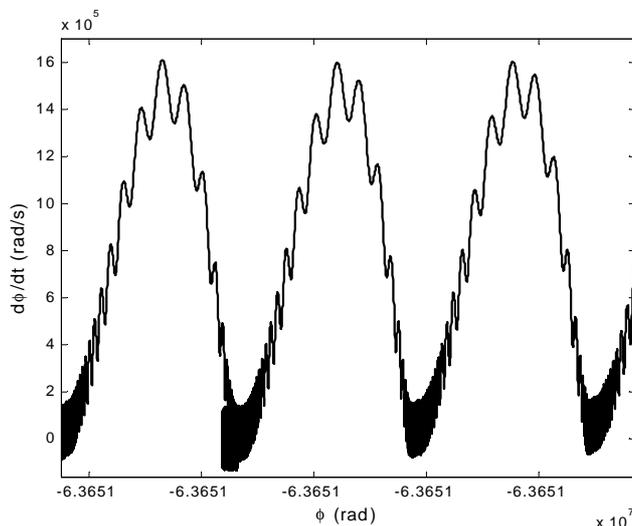


Fig. 2. Resonancia estocástica. La trayectoria del sistema alterna entre las soluciones nodo y rotación.

Este fenómeno ha sido observado experimentalmente en el sintetizador analizado aquí. En la Fig. 3 se muestra el espectro correspondiente a la salida del VCO en el PLL tipo II orden III, en la simulación y en la medida.

3. CONCLUSIONES

Se ha presentado un análisis del efecto de ruido en la frontera de bifurcación de un PLL tipo II orden III. Se ha explicado el fenómeno de la resonancia estocástica, y se han comprobado sus efectos por medio de una modelización realista de los elementos del lazo. El análisis se ha aplicado a un PLL basado en un VCO a 2-3 GHz con buenos resultados.

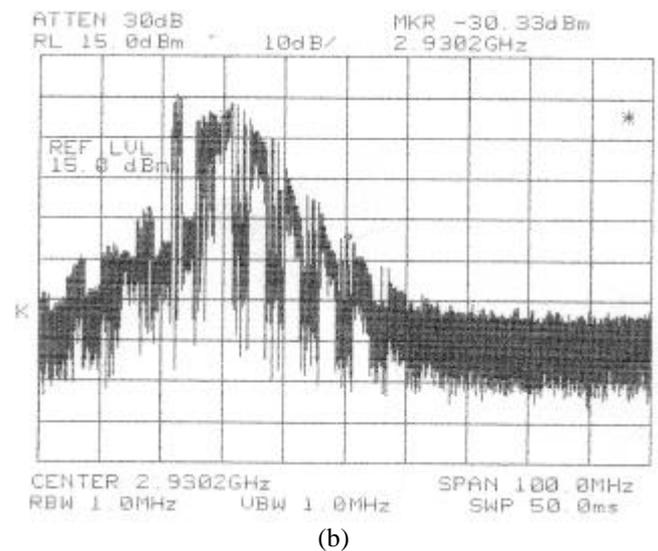
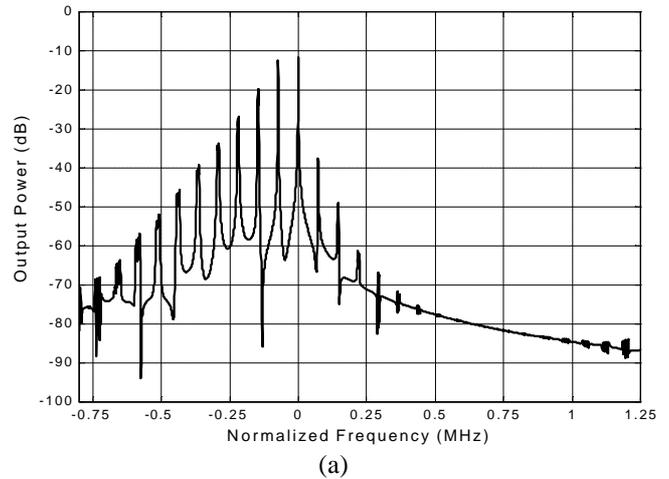


Fig.3. Resonancia estocástica. (a) Espectro simulado a la salida del divisor de frecuencia. (b) Espectro medido de la salida del VCO en el PLL.

4. REFERENCIAS

- [1] F. Moss, D. Pierson, and D. O’Gorman, “Stochastic resonance: Tutorial and update,” *International Journal of Bifurcations and Chaos*, vol. 4, no. 6, pp. 1383-1397, Jun. 1994.
- [2] S. Sancho, A. Suárez, “Nonlinear Dynamics of Microwave Synthesizers. Stability and Noise”, Aceptado para *IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques*.